

ANALISA KERUSAKAN PADA FORKLIFT ELEKTRIK NICHYU FB20-75C DENGAN METODE FMEA

Heri Suwandono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Email: keceng_id@yahoo.com

Abstrak -- Forklift merupakan jenis kendaraan khusus yang digunakan untuk memindahkan dan menyusun barang dalam suatu susunan tertentu. Forklift elektrik Nichiyu tipe FB20-75C merupakan forklift elektrik yang menggunakan tenaga listrik sebagai tenaga penggerak, sehingga emisi gas buang yang dihasilkan forklift elektrik lebih bagus dibandingkan dengan forklift bertenaga diesel. Untuk menjaga performa dari forklift elektrik tersebut dibutuhkan perawatan yang berkala. Untuk itu penulis menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam menganalisa penyebab kegagalan yang sering terjadi serta efek yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut serta menentukan langkah-langkah untuk mencegah tingkat kerusakan atau kemungkinan rusak dimulai dengan prioritas tinggi sampai prioritas rendah sehingga mengurangi kerugian-kerugian dan bahaya yang terjadi. Dari 17 kegagalan yang ditemukan maka dapat dianalisa nilai severity, occurrence, detection dan Rpn dari setiap potensi kerusakan tersebut. Dari hasil analisa tersebut didapat bahwa kerusakan MPU, charger dan bearing sensor memiliki nilai Rpn tertinggi yaitu 80, sehingga menjadi prioritas dalam tindakan perbaikan dengan cara melakukan aksi terhadap mode kegagalan tersebut berdasarkan kontrol detection sehingga dapat mengurangi kerugian dan bahaya yang akan terjadi.

Kata kunci: Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), severity, occurrence, detection dan Rpn.

Abstract -- Forklift is a special vehicle used to move and arrange items in a specific arrangement. Electric forklift Nichiyu FB20-75C uses electricity as the driving force so the exhaust emissions produced is better than the diesel powered forklift. To maintain the performance of an electric forklift, periodic maintenance is required. Author using failure mode and effects analysis method to analyze the causes of failure that often occurs as well as the effects of the failure and determine the measures to prevent the extent of damage or possible damage starting from the highest priority to the lowest priority for reduce losses and dangers inflicted. From 17 kinds of failures were founded, it can be analyzed the value of severity, occurrence, detection and RPN from any potential failures. The result of the analysis showed that the failure of the MPU, Charger and Bearing sensor has the highest RPN value 80. So it becomes a priority in the corrective and preventive actions through the detection control for reducing losses and danger.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), severity, occurrence, detection and Rpn.

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Dengan banyaknya pembangunan gudang-gudang industri, mulai dari gudang dengan kapasitas kecil hingga berkapasitas sangat besar dapat menjadi indikator perkembangan ekonomi dan bisnis di Indonesia. Sejalan dengan kondisi tersebut tingkat kebutuhan akan alat bantu angkut berkapasitas besar memegang peranan penting dalam menunjang proses pemindahan dan proses penataan barang-barang hasil produksi didalam gudang tersebut.

Forklift elektrik Nichiyu tipe FB20-75C merupakan forklift elektrik produk Jepang yang cukup banyak digunakan di Asia sebagai salah satu alat bantu angkut yang digunakan dalam proses pemindahan dan penataan barang dalam gudang. Forklift elektrik tersebut menggunakan baterai sebagai sumber tenaga listrik yang dibutuhkan.

Untuk mendukung kinerja dan menjaga produktivitas tetap berjalan dengan baik maka diperlukan sebuah sistem perawatan dan pemeliharaan yang baik dan terencana guna menghindari kerusakan – kerusakan yang dapat menyebabkan gagalnya produktifitas dan menghindari terjadinya kecelakaan kerja di suatu perusahaan.

Dari latar belakang masalah tersebut maka penulis ingin menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang merupakan teknik analisa resiko secara sirkulatif dalam perawatan dan pemeliharaan forklift elektrik Nichiyu tipe FB20-75C.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka beberapa masalah yang dapat dirumuskan antara lain:

1. Penyebab kerusakan yang sering terjadi pada forklift elektrik Nichiyu tipe FB20-75C.

2. Penggunaan metode FMEA dalam menganalisa kerusakan-kerusakan yang terjadi.
3. Bagaimana nilai RPN yang dihasilkan dari penggunaan metode FMEA pada forklift elektrik Nichiyu tipe FB20-75C.

1.2 Batasan Masalah

Guna menghindari masalah-masalah lain yang akan muncul dalam penulisan tugas akhir ini, maka diperlukan adanya pembatasan masalah. Penggunaan metode FMEA hanya digunakan dalam menganalisa beberapa kerusakan yang terdapat pada forklift elektrik Nichiyu FB20-75C.

Kerusakan-kerusakan tersebut antara lain : *hose pecah, cylinder bocor, tie rod rusak, bearing motor traction rusak, bearing sensor rusak, oli dan filter oli kotor, control valve bocor, baterai rusak, micro processor unit rusak, condenser rusak, contactor aus, microswitch rusak, kipas rusak, kanvas rem aus, master rem bocor, charger baterai rusak, carbon brush motor steering aus.*

1.3 Tujuan Penelitian

Penulis ingin menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dalam perawatan forklift elektrik Nichiyu FB20-75C untuk mengetahui penyebab kerusakan serta akibat dari kerusakan sehingga bisa menentukan langkah-langkah untuk mencegah terjadinya kerusakan dan memperbaiki kerusakan sebelum menimbulkan kerusakan yang lebih parah. Sehingga forklift tersebut bisa beroperasi dengan baik dan mengurangi resiko kerusakan yang bisa berakibat pada menurunnya produktifitas forklift

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Tinjauan Umum Forklift Elektrik Nichiyu FB20-75C

Forklift elektrik Nichiyu FB20-75C adalah salah satu produk dari Mitsubishi Nichiyu Forklift CO., LTD. Forklift ini merupakan forklift tipe *counter balance* yang memiliki daya angkut 2000 Kilogram, dengan tenaga baterai sebagai penggerak utama. Keunggulan forklift elektrik ini sangat ramah lingkungan dibandingkan dengan forklift diesel karena tidak mengeluarkan emisi gas buang maupun emisi suara, sehingga sangat cocok digunakan didalam ruangan terutama dalam industri makanan dan obat – obatan.



Gambar 1. Forklif Elektrik Nichiyu FB20-75C

1.4.2 Prinsip Kerja Forklift Elektrik Nichiyu FB20-75C

Pada dasarnya prinsip kerja dari forklift elektrik adalah merubah tenaga elektrik menjadi tenaga mekanis. Tenaga elektrik diperoleh dari baterai yang ada pada forklift yang kemudian dialirkan menuju motor untuk menggerakkan roda dan *hydraulic pump* melalui kontrol elektronik dengan memanfaatkan beberapa sensor dan *potentiometer* agar motor bekerja sesuai dengan kebutuhan.

Dalam forklift elektrik terdapat 3 motor yang memiliki fungsi berbeda, yaitu untuk sistem *traction*, *hydraulic*, serta *steering*. Pada unit forklift elektrik yang lama, ketiga motor yang digunakan adalah motor dengan arus searah (DC). Sedangkan pada unit forklift elektrik Nichiyu FB20-75C sudah menggunakan motor arus bolak-balik (AC) untuk sistem *hydraulic* dan sistem *traction*, sedangkan untuk sistem *steering* tetap menggunakan motor arus searah (DC). Sistem kerja forklift elektrik Nichiyu FB20-75C dibagi menjadi 3 sistem kerja yaitu:

A. Sistem Traction

Sistem *traction* baru bekerja ketika sensor keamanan (*safety sensor*) sudah memberikan sinyal bahwa kendaraan aman untuk bekerja. *Control unit* menerima input dari *directional valve* yang menentukan kearah mana kendaraan harus berjalan. sinyal dari *potentiometer* yang terdapat pada *accelerator* menentukan besar kecilnya tegangan yang harus dialirkan *control unit* menuju motor melalui *field effect transistor*, sehingga unit dapat berjalan dengan kecepatan yang dibutuhkan.

Ketika motor mulai bergerak, *bearing sensor* akan memberikan sinyal balik menuju *control unit* sehingga *control unit* dapat mengetahui kerja dari motor sudah selaras dengan input yang diterima *control unit* dari *accelerator*. Putaran motor itulah yang kemudian diteruskan oleh *front axle* untuk menjalankan roda bagian depan forklift.

B. Sistem *hydraulic*

Sistem *hydraulic* akan bekerja ketika *safety sensor* telah mengirimkan sinyal menuju *control unit* bahwa sistem *hydraulic* telah aman untuk dioperasikan. Ketika *hydraulic lever* ditekan maka *control unit* akan mengalirkan arus listrik menuju motor *hydraulic* melalui *field effect transistor* sehingga motor akan berputar.

Putaran motor tersebut akan menggerakkan *hydraulic pump* sehingga oli dari *hydraulic tank* akan mengalir menuju *control valve* dan diteruskan menuju *cylinder hydraulic* melalui *hose hydraulic*.

C. Sistem *Steering*

Sistem *steering* berfungsi ketika *steering wheel* diputar. *Potentiometer* yang terdapat pada *steering wheel* akan mengirimkan sinyal menuju *control unit* sehingga *control unit* bisa menggerakkan motor *steering*. Putaran motor *steering* itulah yang digunakan untuk membelokkan roda bagian belakang forklift melalui *actuator linkage*.

1.4.3 FMEA

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) pertama kali diperkenalkan penggunaannya pada akhir tahun 1940 oleh angkatan bersenjata Amerika Serikat. Metode FMEA banyak digunakan didalam berbagai industri termasuk plastik, katering dan software.

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah suatu alat metodologi analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab suatu kegagalan serta mengevaluasi akibat-akibat dan resiko potensi kegagalan yang terjadi pada suatu produk atau proses, kemudian menetapkan langkah-langkah guna mengatasi atau mencegah kegagalan itu terjadi sehingga produk atau proses dapat berjalan dengan baik. FMEA terdiri dari dua (2) tipe yaitu:

A. PMFEA (*Process Failure Mode and Effect Analysis*) adalah analisis yang digunakan untuk memastikan bahwa masalah-masalah potensial telah dipertimbangkan dan dibahas selama proses pengembangan produk dan proses (*APQP – Advanced Product Quality Planning*). Titik penting dari FMEA proses yaitu bahwa diskusi dilakukan mengenai desain (produk atau proses), penelaan dan perubahan terhadap fungsi dalam aplikasi dan resiko yang ditimbulkan oleh potensi kegagalan.

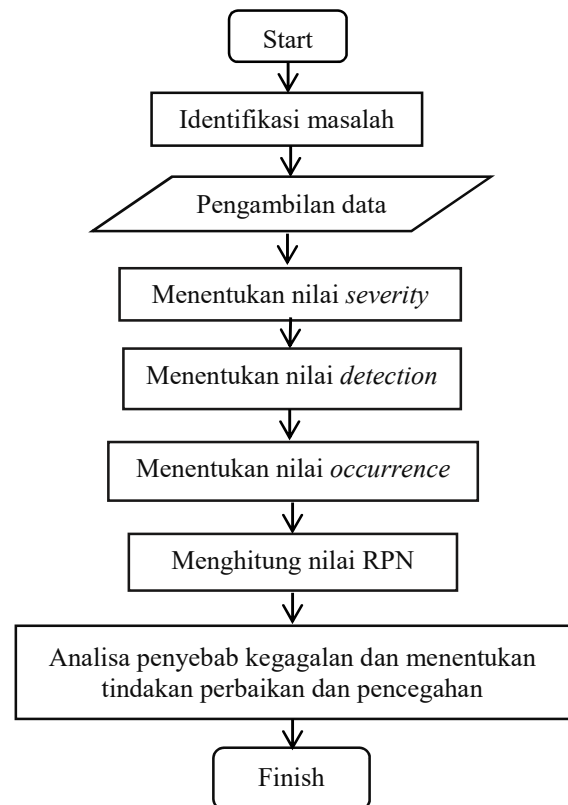
B. DFMEA (*Design Failure Mode and Effect Analysis*) adalah analisa sebuah produk yang berdasarkan desain dalam mengurangi resiko kegagalan dengan:

- Membantu dalam evaluasi objektif dari desain, termasuk persyaratan fungsional dan alternative desain.
- Mengevaluasi desain awal produk dalam perakitan, layanan dan persyaratan daur ulang.
- Meningkatkan kemungkinan bahwa mode potensial kegagalan dan efek pada system operasi kendaraan telah dipertimbangkan dalam proses desain.

DMFEA adalah dokumen hidup yang harus diperbaharui sebagai perubahan yang terjadi atau informasi tambahan yang diperoleh sepanjang fase pengembangan produk.

Sebuah DMFEA harus dimulai dengan pengembangan informasi untuk memahami sistem, subsistem, atau komponen yang dianalisis dan menentukan persyaratan dan karakteristik fungsional.

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan cara studi literatur, studi lapangan, wawancara serta diskusi dengan pihak-pihak yang terkait dengan pengoperasian dan perawatan forklift elektrik.

2.2 Pengambilan Data

Data diambil dari dokumen-dokumen perawatan forklift elektrik pada PT. Berca Mandiri Perkasa.

2.3 Menentukan Nilai Severity

Severity (keparahan) adalah nilai yang terkait dengan efek yang paling serius untuk modus kegagalan yang diberikan pada satu komponen yang berpengaruh pada hasil kerja suatu alat. Peringkat nilai *severity* dapat dilihat dengan menggunakan skala 1 sampai dengan 10 yang mencerminkan nilai tingkat bahaya dari yang paling kecil sampai yang paling besar. Penentuan nilai *severity* dari setiap mode kegagalan dilakukan berdasarkan efek yang ditimbulkan oleh kegagalan yang terjadi.

2.4 Menentukan Nilai Occurrence

Untuk menentukan nilai *occurrence* maka kita harus menentukan Ppk (*Probability Process Control*) melalui perhitungan statistik sebagai berikut:

$$Ppk = \frac{Z}{3}$$

(sumber: "Potential Failure and Effect Analysis" Automotive Industry Action Group, AIAG : 71)

Dengan

$$Z = \frac{x - \eta}{\sigma}$$

(sumber: Ronald E. Walpole, "Ilmu Peluang dan Statistik untuk Insinyur dan Ilmuwan", ITB: 243).

$$\begin{aligned}\eta &= n \cdot p \\ \sigma^2 &= n \cdot p (1 - p) \\ q &= 1 - p\end{aligned}$$

atau $\sigma^2 = n \cdot p \cdot q$

Ppk : Probability Process Control

Z : Distribusi normal

X : waktu terjadi

n : frekuensi kegagalan dalam satu tahun (12 bulan)

p : banyaknya kegagalan pertahun ($\frac{x}{12}$)

q : probabilitas gagal

σ : simpangan baku

η : nilai tengah

2.5 Menentukan Nilai Detection

Detection (deteksi) ini berhubungan dengan control yang digunakan untuk mendeteksi penyebab terjadinya kegagalan serta tindakan perbaikannya. Pendekatan yang disarankan

untuk kontrol deteksi adalah dengan mengasumsikan kegagalan yang terjadi dan kemudian melihat kemampuan control desain tersebut.

Setiap kegagalan memiliki nilai deteksi yang diukur berdasarkan nilai kegagalan. Nilai deteksi yang tinggi menunjukkan bahwa besar kemungkinan kegagalan akan terjadi kembali.

2.6 Menghitung Nilai RPN

RPN (*Risk Priority Number*) merupakan salah satu pendekatan untuk membantu dalam menentukan aksi prioritas dengan cara mengalikan nilai dari *Severity*, *Occurrence*, *Detection*.

$$RPN = Severity (S) \times Occurrence (O) \times Detection (D)$$

3. PENGUMPULAN DAN ANALISA DATA

3.1 Pengambilan Data

Berdasarkan dokumen-dokumen perawatan forklift elektrik Nichiyu FB20-75C didapatkan data sebagai seperti Tabel 1.

Tabel 1. Potensi Kegagalan

No	Potensi Kegagalan	Waktu Terjadi
1	Oli dan filter hidrolik kotor	6 bulan
2	Hose pecah	8 bulan
3	Cylinder bocor	10 bulan
4	Tie rod rusak	12 bulan
5	Bearing motor traction rusak	12 bulan
6	Bearing sensor rusak	10 bulan
7	Control valve bocor	16 bulan
8	Baterai rusak	36 bulan
9	Micro processor unit rusak	24 bulan
10	Condenser rusak	5 bulan
11	Contactur aus	24 bulan
12	Microswitch rusak	12 bulan
13	Kipas rusak	24 bulan
14	Kanvas rem aus	12 bulan
15	Master rem bocor	24 bulan
16	Charger baterai rusak	36 bulan
17	Carbon brush motor steering aus	36 bulan

3.2 Menentukan Nilai Severity, Occurrence, Detection dan RPN

Tabel 2. Nilai *severity, occurrence, detection* dan RPN

NO	Potensi Kegagalan	Severity	Occurrence	Detection	RPN
1	Oli dan filter hidrolik kotor	2	1	1	2
2	Hose pecah	8	1	1	8
3	Cylinder bocor	8	1	4	32
4	Tie rod rusak	3	1	1	3
5	Bearing motor traction rusak	8	1	5	40
6	Bearing sensor rusak	8	1	10	80
7	Control valve bocor	5	1	2	10
8	Baterai rusak	8	1	3	24
9	Micro processor unit rusak	8	1	10	80
10	Condense rusak	5	2	1	10
11	Contactur aus	8	1	1	8
12	Microswitch rusak	8	1	2	16
13	Kipas rusak	4	1	3	12
14	Kanvas rem aus	5	1	2	10
15	Master rem bocor	9	1	2	18
16	Charger baterai rusak	8	1	10	80
17	Carbon brush motor steering aus	8	1	1	8

2.3 Analisa Data Kerusakan

Tabel 3. FMEA

No	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Recommended Action
1	Oli dan filter hidrolik kotor	Temperature kerja sistem hidrolik cepat naik	1. Usia pakai oli hidrolik 2. Adanya material asing yang masuk kedalam sistem hidrolik	1. Melakukan penggantian oli dan filter secara berkala 2. Memeriksa kondisi oli secara visual dan memastikan tidak ada material asing
2	Hose pecah	Sistem hidrolik tidak dapat bekerja	1. Usia pakai hose 2. Kondisi pulley hose tidak bagus 3. Pemasangan hose yang tidak tepat	1. Lakukan penggantian hose ketika ada tanda-tanda keretakan pada hose serta pulley. 2. Lakukan pemasangan hose dengan tepat
3	Cylinder bocor	Sistem hidrolik tidak dapat bekerja	1. Kerusakan pada seal kit 2. Kerusakan pada root atau tube akibat benturan	1. Lakukan penggantian seal kit 2. Hindarkan root dan tube cylinder terhadap benturan
4	Tie rod rusak	Sistem steering tidak dapat bekerja dengan optimal	1. Kurangnya pelumasan 2. Kondisi jalan yang tidak rata 3. Ruang kerja yang terlalu sempit 4. Pemasangan tie rod yang tidak tepat	1. Beri pelumas secara berkala 2. Perbaiki kondisi jalan agar lebih rata dan tidak terlalu sempit 3. Periksa karet tie rod, secara berkala dan lakukan penyetelan jika dibutuhkan
5	Bearing motor traction rusak	Sistem traction tidak dapat bekerja	1. Usia pakai bearing 2. Banyak debu atau kotoran yang masuk kedalam bearing	1. Periksa kondisi bearing motor dengan cara mendengarkan putaran motor. 2. Lakukan penggantian bearing jika ada tanda-tanda kerusakan 3. Bersihkan motor dari debu secara berkala
6	Bearing sensor rusak	Sistem traction tidak dapat bekerja	1. Usia pakai bearing 2. Banyak debu atau kotoran yang masuk kedalam bearing	1. Periksa input bearing sensor yaitu 5 volt. 2. Periksa output bearing sensor sebesar 0.8-5 volt 3. Bersihkan bearing dari debu serta lakukan penggantian bearing secara berkala
7	Control valve bocor	Sistem hidrolik tidak dapat bekerja dengan optimal	Terjadi kerusakan pada O ring akibat usia pakai serta kondisi oli yang tidak bagus	1. Lakukan penggantian oli secara berkala 2. Lakukan pemeriksaan kebocoran secara berkala

8	Baterai rusak	Forklift tidak dapat beroperasi	1. Kurangnya perhatian terhadap electrolyte 2. Proses pengisian dan pemakaian yang tidak tepat	1. Lakukan pemeriksaan electrolyte setiap akan melakukan pengisian 2. Lakukan proses pengisian dan pemakaian dengan benar
9	Micro processor unit rusak	Forklift kehilangan seluruh fungsi utama	1. Terjadi short pada control unit 2. Connector tidak tersambung dengan benar 3. Kerusakan pada komponen lain yang dapat menimbulkan kerusakan pada MPU	1. Periksa wiring control unit untuk memastikan tidak ada yang short 2. Periksa sambungan dari tiap connector 3. Periksa komponen-komponen elektronik yang berhubungan dengan MPU
10	Condensor rusak	Performa kerja forklift menurun	1. Usia pakai telah terlewati 2. Ada short pada control unit	1. Ganti condensor secara berkala 2. Periksa wiring control unit dari kemungkinan adanya short
No	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Recommended Action
11	Contactur aus	Unit tidak dapat startup	1. Contact tip pada contactor sudah tipis 2. Permukaan contact tip yang tidak rata	1. Ganti contact tip ketika mulai menipis 2. Ratakan permukaan contact tip dengan amplas ketika contact tip tidak rata
12	Microswitch rusak	Safety sistem tidak dapat berfungsi	1. Ada kerusakan pada contact tip 2. Banyak debu yang masuk kedalam microswitch	1. Periksa kondisi contact tip secara berkala 2. Bersihkan microswitch dari kemungkinan adanya kotoran
13	Kipas rusak	Temperature control unit cepat naik	1. Tegangan input yang tidak sesuai 2. Banyak debu yang masuk kedalam kipas	1. Periksa tegangan yang menuju kipas 2. Bersihkan debu dari
14	Kanvas rem aus	Sistem rem tidak dapat beroperasi dengan optimal	1. Kondisi kanvas rem yang tipis akibat pemakaian 2. Kanvas rem terkena tetesan minyak rem	1. Lakukan penyetelan kanvas rem 2. pemeriksaan secara berkala
15	Master rem bocor	Sistem rem tidak dapat beroperasi	1. Usia seal kita pada master rem telah terlewati 2. Kondisi minyak rem yang tidak bagus	1. Lakukan penggantian seal kit master rem secara berkala 2. Lakukan pemeriksaan kondisi minyak rem

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebocoran pada master rem memiliki nilai *severity* tertinggi dibanding kerusakan yang lain karena dapat membahayakan keselamatan operator, barang, serta fasilitas-fasilitas yang berada di ruang lingkup kerja forklift.
2. Kerusakan MPU, bearing sensor dan charger memiliki nilai RPN tertinggi dibanding kerusakan yang lain, yaitu dengan nilai RPN masing-masing 80 atau sebesar 18,14% dari total keseluruhan nilai RPN. Oleh sebab itu kerusakan MPU, bearing sensor dan charger harus mendapat prioritas utama dalam proses perawatan karena dapat menyebabkan forklift elektrik berhenti beroperasi.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Perawatan dan pemeriksaan berkala yang dibutuhkan dalam mencegah *down time* akibat

kerusakan pada *MPU*, *bearing sensor* dan *charger* yaitu sebagai berikut:

- Periksa *wiring control unit* dari kemungkinan adanya *short* ataupun putus
 - Periksa sambungan dari tiap *connector*
 - Periksa komponen-komponen elektronik yang berhubungan dengan *MPU*.
 - Periksa *input voltage* yang menuju *bearing sensor* yaitu sebesar 5 Volt dan periksa *output voltage* dari *bearing sensor* yaitu sebesar 0,8 Volt – 5 Volt ketika beroperasi.
 - Periksa sumber tegangan listrik yang menuju *charger* yaitu sebesar 380-400 Volt dan sesuaikan dengan *tapping* charger.
 - Periksa *output* dari *charger* ketika proses pengisian yaitu sebesar 50 Volt – 52 Volt dengan arus sebesar 10 A – 100 A.
2. Ganti komponen secara berkala tanpa menunggu adanya kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Automotive industry action group (AIAG), February 1995 "*Potential Failure Mode and Effect Analysis*".
- [2]. Hanliang, Njoo. Et al. 2013. "Peningkatan Kualitas Proses Produksi di PT. Indal Alumunium Industry TBK Sidoarjo". *Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*. Volume 2, No.1.
- [3]. Laricha, Lithrone. Et al. 2013. "Usulan Perbaikan Kualitas dengan Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Pada Proses Produksi Roller Conveyor MBC di PT. XYZ" *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Untar*. Volume 1, No. 2, 86-94.
- [4]. Nanda, Leonard. Et al. Desember 2014. "Analisa Risiko Kualitas Produk dalam Proses Produksi Miniatur Bis dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis Pada Usaha Kecil Menengah Niki Kayoe". *Gema Aktualita*. Volume , No. 2.
- [5]. Nippon Yusoki, 2012. Workshop Manual Nichiyu FB-75 series. Nurkertamanda, Denny & Tri Wulandari, Fauziyati. Januari 2009. " Analisa Moda dan Efek Kegagalan (Failure Mode and Effects Analysis/FMEA) Pada Produk Kursi Lipat Chitose Yamato HAA". *J@TI Undip*. Volume IV, No. 1.
- [6]. *Potential Failure Mode and Effects Analysis*, 2008 (FMEA) Reference Manual Fourth Edition.
- [7]. PT. Altrak 1978 "BASIC NICHYU COURSE", Jakarta 2006.
- [8]. Putra, Muhammad Nur Muliando. 2014 "Analisis Penyebab Defect Kapal Motor) dan Fault Tree Analysis (FTA) (Study Kasus di PT. PAL Indonesia)". *Teknik Industri Universitas Brawijaya*. Volume 3, No.2.
- [9]. Ronald E. Walpole. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistik untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: ITB.